

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Studium tenkých povlaků pro kontakt s biologickým prostředím

Study of Thin Coatings for Contact with Biological Environment

Student:

Mgr. Alena Pavlů

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Mgr. Alena Pavlů**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Studium tenkých povlaků pro kontakt s biologickým prostředím
Study of Thin Coatings for Contact with Biological Environment

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti sklovitých smaltových povlaků.
2. Prostudujte vhodnost smaltových povlaků pro kontakt s biologickým prostředím.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální zkoušky a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:


MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TUO
PODJUKLOVÁ, J. a kol. *Nové obzory v poznání vlastností sklokeramických povlaků*. VŠB-TU Ostrava, 2010, ISBN 978-80-248-2339-3, 135 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013


prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě. 20.5.2013.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. , autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20.5.2013....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora: Alena Pavlů

Adresa trvalého pobytu autora práce: Svěbohov 8, Zábřeh 789 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PAVLŮ, A. *Studium tenkých povlaků pro kontakt s biologickým prostředím: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2013, 49 s. Vedoucí práce: Podjuklová, J.

Bakalářská práce se zabývá studiem tenkých povlaků pro kontakt s biologickým prostředím. V teoretické části jsou popsány základní informace o smaltovém povlaku, jeho vlastnostech a biologickém prostředí pro kontakt s povlakem. Praktická část se zabývá testováním drsnosti povrchu podkladového materiálu, makrostruktury povrchu, tloušťky a mikrotvrlosti smaltového povlaku před aplikací do biologického prostředí a následně po aplikaci z biologického prostředí. S cílem, do jaké míry biologické prostředí ovlivnilo hodnotu mikrotvrlosti, která má vliv na křehkolomové vlastnosti povlaku. Výsledky zkoušek ukazují, že biologické prostředí má vliv na vlastnosti smaltového povlaku.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

PAVLŮ, A. *Study of Thin Coatings for Contact with Biological Environment: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2013, 49 p. Thesis head: Podjuklová, J.

This bachelor thesis deals with a study of how thin coatings react in contact with a biological environment. Basic information about the enamel coating and its properties, and the biological environment it will come into contact with, are described in the theoretical part. The practical part deals with testing the surface roughness of the base material, macrostructure, surface, thickness and microhardness of the enamel coating before its application in a biological environment and then after its application. The aim was to measure the influence of the biological environment on the microhardness value, which has an influence on the frangible properties of the coating. The results of the tests show that the biological environment does have an influence on the properties of the enamel coating.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	8
1 ÚVOD	9
2 SKLOVITÝ SMALTOVÝ POVLAK	10
2.1 Definice smaltovaných povlaků	10
2.2 Rozdělení sklovitých smaltových povlaků	10
2.2.1 Rozdělení podle funkce sklovitého smaltového povlaku	10
2.2.2 Rozdělení podle chemického složení frity a podle druhu kovu	11
2.2.3 Rozdělení podle metody nanášení	12
2.3 Výroba smaltového povlaku	12
2.4 Fyzikální vlastnosti smaltů	13
2.4.1 Korozní vlastnosti smaltů	13
2.4.2 Tepelné vlastnosti smaltů	14
2.4.3 Mechanické vlastnosti smaltů	14
2.5 Podkladové kovy pro aplikaci sklovitých smaltových povlaků	15
2.5.1 Ocelový plech	15
2.5.2 Šedá litina	16
2.5.3 Neželezné kovy	16
3 BIOLOGICKÉ PROSTŘEDÍ PRO KONTAKT SE SKLOVITÝM SMALTOVÝM POVLAKEM	17
3.1 Benzín – natural 95	17
3.2 Motorová nafta	17
3.3 Chlorid sodný	17
3.4 Koňský hnůj	17
4 METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	19
5 POPIS VSTUPNÍCH MATERIÁLŮ	20
5.1 Zkušební vzorek ocelového plechu	20

5.2 Sklovité smaltové povlaky použité při experimentu.....	21
5.3 Značení vzorků	22
6. TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY TENKÉHO SMALTOVÉHO POVLAKU	23
7 MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU	25
7.1 Drsnost povrchu	25
7.2 Měření drsnosti povrchu podkladového plechu.....	26
7.3 Vyhodnocení měření drsnosti vzorku podkladového plechu.....	27
8 MĚŘENÍ TLOUŠŤKY SKLOVITÉHO SMALTOVÉHO POVLAKU	28
8.1 Měření tloušťky sklovitého smaltového povlaku	28
8.2 Vyhodnocení měření tloušťky sklovitého smaltového povlaku	30
9 MĚŘENÍ MIKROTVRDOSTI SKLOVITÉHO SMALTOVÉHO POVLAKU	31
9.1 Měření tloušťky sklovitého smaltového povlaku	31
9.2 Vyhodnocení měření mikrotvrdosti sklovitého smaltového povlaku	34
10 MĚŘENÍ PH BIOLOGICKÉHO PROSTŘEDÍ	35
10.1 Měření pH biologického prostředí	35
10.3 Vyhodnocení měření pH biologického prostředí	37
11 MAKROSTRUKTURA POVRCHU SMALTOVÉHO POVLAKU	38
11.1 Makrostruktura povrchu základního smaltového povrchu vzorek č.1	38
11.2 Makrostruktura povrchu základního smaltového povrchu vzorek č.2.....	39
11.3 Makrostruktura povrchu základního smaltového povrchu vzorek č.3.....	40
11.4 Makrostruktura povrchu základního smaltového povrchu vzorek č.4.....	41
11.5 Makrostruktura povrchu základního a krycího smaltového povrchu vzorek č. 1	42
11.6 Makrostruktura povrchu základního a krycího smaltového povrchu vzorek č. 2	43
11.7 Makrostruktura povrchu základního a krycího smaltového povrchu vzorek č. 3	44
11.8 Makrostruktura povrchu základního a krycího smaltového povrchu vzorek č. 4	45
11.9 Vyhodnocení makrostruktury povrchu vzorku	45
12 ZÁVĚR	46
13 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	48

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

HV	tvrdost podle Vickerse	[Pa]
Ra	aritmetický průměr absolutních hodnot	[μm]
Rku	špičatost posuzovaného profilu	[-]
Rp	nejvyšší výška výstupku profilu	[μm]
Rq	průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu	[μm]
Rsk	šikmost posuzovaného profilu	[-]
Rv	největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Rz	součet výšky nejvyššího výstupku hloubky nejnižší prohlubně	[μm]

1 ÚVOD

Tenký povlak, kterým v této práci zabýváme, je sklovitý smaltový povlak, který patří mezi nejstarší povlaky na světě. Již v dávných dobách byl smalt užíván na výrobu šperků, dekorativních předmětů, což přetrvává do současnosti.

Sklovitý smaltový povlak je materiál obsahující sklovitou složku, keramikou složku a další skelné krystalické látky, jehož výhodou je např. vysoká tvrdost a pevnost v tlaku, dobrá chemická odolnost a otěruvzdornost. Nevýhodami jsou křehkost, nízká pevnost v tahu, malá tepelná vodivost a špatná odolnost proti náhlým změnám teplot.

V současné době sklovitý smaltový povlak je jedním z nejúčinnějších protikorozních ochranných povlaků kovových materiálů. Nejčastěji se s ním setkáme u výrobků spotřebního zboží a techniky např. na smaltovaných hrncích, vanách, vývěsných cedulích, troubách, špercích, na nádržích, na čističkách vod, na odlučovačích prachu aj. Široké uplatnění také nachází ve strojírenství, elektrotechnice, automobilovém průmyslu, ale i nově se hledá uplatnění v lékařství, zemědělství a energetice.

2 SKLOVITÝ SMALTOVÝ POVLAK

2.1 Definice smaltovaných povlaků

Smalt lze definovat jako sklo komplikovaného chemického složení, které je natavené na kov, se kterým vytvoří integrovaný kompozitní systém.[1]

Smaltový povlak prochází neustále vývojem, lze tedy i tudíž nově nadefinovat smalt:

„Smalt je výsledný produkt fyzikálně chemických reakcí v procesu tepelného zpracování skla komplikovaného chemického složení s dalšími složkami anorganického charakteru, spojující v sobě vlastnosti skla a keramiky se schopností adheze ke kovu.“ [2]

2.2 Rozdělení sklovitých smaltových povlaků

2.2.1 Rozdělení podle funkce sklovitého smaltového povlaku

Podle funkce sklovitého smaltového povlaku se smalty dělí:

- základní smalty
- krycí smalty
- jednvrstvé (přímé) smalty

Základní smalty

Specifickým znakem základních smaltů je vytvoření tzv. přídržné vrstvy mezi funkčním povlakem a kovem. Jako funkční povlak se tyto smalty používají jen zřídka, jelikož jsou málo chemicky odolné a mají malou celistvost, tím dochází k jejich rychlé korozi. Tloušťka základní ho smaltu po vypálení má být co nejmenší.

Krycí smalty

Krycí smalty bývají nazývány funkčními smalty. Tyto smalty se připravují tak, aby splňovali požadované chemické, mechanické, optické, termické a další vlastnosti. Teplota vypalování krycího smaltu je obvykle nižší než vypalovací teplota základního smaltu. Krycí smalty dělíme podle typu použité frity:

- smalty zakalené – bílé nebo barevné – při úpravě frit mletím se nepřidávají kalící nebo barvicí přísady. Zákal je důsledkem chemického složení tavené frity a fyzikálně-chemického procesu při zpracování.

- smalty polotransparentní (polozakalené) – připravují se částečně ze zakalených frit, ale je nutná jejich částečná úprava barevného odstínu přísadou barvicích oxidů při mletí suspenze.
- smalty transparentní – připravují se z transparentních frit, v průběhu mletí suspenze se přidávají přísady barvicích oxidů nebo kaliv a tím se dosahuje požadovaných optických vlastností sklovitých smaltových povlaků.[3]

Jednovrstvé smalty

Tyto smalty jsou také nazývány smalty přímými. Základními znaky těchto smaltů jsou: zajištění dostatečné přídržnosti ke kovu při nanášení přímo na ocelový plech a zajištění požadovaných funkčních vlastností.

2.2.2 Rozdělení podle chemického složení frity a podle druhu kovu

Podle chemického složení frity a podle druhu kovu, na který se smaltový povlak nanáší, se smalty dělí:

- smalty na ocelový plech
- smalty na šedou litinu
- smalty na neželezné kovy

Smalty na ocelový plech

Sklovitý smaltový povlak se nanáší na ocelový plech buď ve dvou vrstvách nejprve základní smalt a následně krycí smalt, nebo ve formě jednovrstvého smaltu. Vypalovací teplota sklovitých smaltových povlaků na ocelový plech je 760° - 860°C.

Smalty na šedou litinu

Sklovitý smaltový povlak se nanáší na litinu buď konvečním způsobem, nebo pudrováním. Funkční povlak se nanáší buď na vypálený základní smalt, nebo přímo na litinu. Tloušťka nánosu sklovitého smaltového povlaku na šedou litinu je větší než tloušťka smaltového povlaku aplikovaná na ocelový plech. Vypalovací teplota sklovitých smaltových povlaků na šedou litinu je 700 - 900°C.

Smalty na neželezné kovy

Neželezný kov, který se nejčastěji používá, je hliník a jeho slitiny. Při smaltování hliníku se používají smalty: olovnaté, barnaté, fosfátové. Složení sklovitých smaltových

povlaků je nutné volit tak, aby koeficient teplotní roztažnosti povlaku byl podstatně větší než koeficient teplotní roztažnosti hliníku. Vypalovací teplota sklovitých smaltových povlaků na hliník a jeho slitiny je 500 - 550°C.[3]

2.2.3 Rozdělení podle metody nanášení

Podle metody nanášení se smalty dělí na:

- smalty nanášené formou vodní suspenze – břečky - tzv. nanášení za mokra
- smalty nanášené formou práškové frity – tzv. nanášení za sucha.
- smalty nanášené elektroforeticky – smaltový nános se vytvoří z vodního roztoku galvanickou cestou.

2.3 Výroba smaltového povlaku

1. Předúprava kovu před smaltováním – očištění povrchu kovu od nečistot a zdrsnění povrchu mořením.
2. Vytvoření smaltéřské frity – smaltéřská frita vznikne tavením směsi oxidických složek kmene, které získáme ze smaltéřských surovin (např. sklářské písky, živce) a prudkým ochlazením. Při ochlazení taveniny, litím taveniny do vody vzniknou granule, nebo litím mezi válce chlazené vodou vzniknou šupiny skla, které se nazývají smaltéřská frita. Smaltéřská frita je základní složkou při výrobě smaltového povlaku a její složení nejvíce ovlivňuje vlastnosti smaltového povlaku. Proces, při kterém vzniká smaltéřská frita, se nazývá fritování. [2]
3. Sušení smaltéřské frity – z granulí a šupin skla se odstraňuje voda po fritování.
4. Mletí smaltéřské frity – závisí na metodě nanášení smaltu. Pokud budeme nanášet za mokra, pak budeme mlít společně smaltéřskou fritu, vodu, jíl a další přísady, získáme tak smaltéřskou břečku. Jíl má poměrně důležitou funkci ve smaltéřské břečce, brání v sedimentaci rozemletým částicím smaltéřské frity a udržuje je suspenzačním stavu. Pokud budeme nanášet smaltový povlak za sucha, rozeleme smaltéřskou fritu na prášek, který pak dále upravujeme podle způsobu nanesení (nanesením v elektrickém poli vysokého napětí, nebo pudrováním).
5. Nanesení smaltu – existuje mnoho způsobů nanesení smaltu:

Máčení se používá u mokrého nanášení neboli u konvenční metody, při aplikaci základního smaltu, s minimální ztrátou smaltu. Používá se pro tvarově a rozměrově nenáročné výrobky.

Polévání se využívá k aplikaci krycích smaltů. Vhodná pro použití u tvarově náročných výrobků neboť se většinou provádí ručně.

Stříkání je vhodné pro tvarově a rozměrově náročné výrobky. Tento způsob nanesení smaltu je ale velice neekologický, dochází k velkým ztrátám smaltu v důsledku prostříku.

Nanesení smaltu v elektrickém poli vysokého napětí v současné době se více používá k nanášení suchých prášků, v minulosti pro stříkání smaltovou břečkou. Tento způsob nanášení smaltu byl odvozen z klasického stříkání.

6. Sušení smaltového nánosu – sušení se provádí při teplotách 80-100°C pouze u nanesené smaltové břečky, neboť obsahuje vodu. U naneseného prášku se sušení neprovádí, protože nanášíme suchý prášek.
7. Vypalování smaltu – je tepelné zpracování smaltu při teplotách 800 – 900°C. Během vypalování dochází ke spojení mezi podkladovým kovem a sklovitým smaltovým povrchem. Přesná teplota vypalování je určena nejmenší teplotou, při které se ukončí všechny reakce smaltového povlaku požadovaných vlastností.[1]
8. Ochlazení na vzduchu

U vícevrstvého smaltového povrchu se nanáší další vrstvy smaltového povlaku znovu nanesením prášku nebo břečky na již vytvořený smaltový povlak, vysušením u nanesené břečky a vypálením.

2.4 Fyzikální vlastnosti smaltů

2.4.1 Korozní vlastnosti smaltů

Sklovité smaltové povlaky mají vysokou chemickou odolnost proti korozi. Ke koroznímu napadení smaltů dochází při chemických procesech a to při jejich vyluhování nebo rozpouštění. Rozpustnost součástí smaltu a schopnost hydrolyzy určují odolnost sklovitých smaltových povlaků vůči roztokům minerálních kyselin. Oxidy

$SiO_2, Al_2O_3, TiO_2, ZrO_2, Li_2O$ zvyšují kyselinovzdornost smaltu, oxidy Na_2O, PbO, CaO kyselinovzdornost značně snižují.[1]

Na rychlosti reakce, při které dochází k výměně iontů alkalických kovů Me^{2+} a H^+ , závisí odolnost smaltu proti působení vody.

Velmi korozivně působí na smalty alkalické roztoky, které umožňují přechod skla do roztoku. Proto na alkalivzdorné smalty se používají nízkosilikátová skla, složená z bazických nerozpustných oxidů např. ZrO_2, CaO, Al_2O_3 .

Sklovité smaltové povlaky, které mají ve sklovité fázi určitý podíl krystalické fáze, mají výrazně vyšší odolnost proti korozi.

Smalty mají vysokou odolnost proti atmosférické korozi, proti tzv. nízkoteplotní korozi (kolem teploty rosného bodu ve spalínách), v prostředí horkých plynů včetně halogenidů.[2]

2.4.2 Tepelné vlastnosti smaltů

Tepelná vodivost sklovitých smaltovaných povlaků závisí na pórovitosti povlaku a při teplotě 313 K je v rozmezí $(0,093 - 0,114)W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.[1]

Tepelná roztažnost ovlivňuje napěťové stavy mezi sklovitým smaltovým povlakem a kovem. Aby se vyloučilo tahové napětí ve smaltovém povlaku, musí být tepelná roztažnost sklovitého smaltového povlaku nižší než tepelná roztažnost podkladového kovu.

Běžné smalty odolávají teplotám 400 - 500°C, speciální žáruvzdorné smalty snášejí teploty do 1000 °C. [1]

2.4.3 Mechanické vlastnosti smaltů

Charakteristickou vlastností sklovitých a keramických materiálu je nízká lomová houževnatost. Velký význam u smaltů má i pórovitost. Mechanické vlastnosti sklovitých smaltových povlaků závisí na podílu krystalické a sklovité fáze.

Smalty mají pevnost v tahu několika násobně menší než je jejich pevnost v tlaku. Pevnost smaltů v tahu je 70 - 90 MPa, kdežto pevnost smaltů v tlaku je 700 - 1300 MPa.[1]

Tvrdost sklovitých smaltových povlaků je mezi 5. – 7. stupněm tvrdosti podle Mohse. Tvrdost smaltu závisí na chemickém složení, druhu skloviny. Z tvrdosti smaltu plyne jeho odolnost proti otěru, která závisí na druhu otěruvzdorných látek a na způsobu jejich působení.

2.5 Podkladové kovy pro aplikaci sklovitých smaltových povlaků

Podkladové kovy vhodné pro aplikaci sklovitých smaltových povlaků jsou:

- ocelový plech
- šedá litina
- neželezné kovy (hliník a jeho slitiny, měď).

Na výrobu sklovitých smaltových povlaků se v současné době nejvíce používají jako podkladové kovy ocelový plech a šedá litina.

2.5.1 Ocelový plech

Ocelový plech, který je vhodným smaltování, splňuje základní podmínky pro vytvoření kvalitního a souvislého smaltového povlaku.

Smaltovatelné ocelové plechy jsou vyrobené z podeutoktoidní nízkouhlíkové oceli obsahující minimální množství defektů (trhliny, lukry, trhliny), nežádoucích příměsí, nekovových vměstků a plynů. Legující a doprovodné prvky smaltovatelných ocelových plechů musí být rovnoměrně rozložené.

Chemické složení smaltovatelného ocelového plechu.

- Uhlík - maximální množství 0,1 %, čím nižší obsah uhlíku, tím vyšší teplota přeměny železa α na železo γ , tím se snižuje rozpustnost vodíku v železe a také se dochází k menším objemovým změnám a deformaci výrobku.
- Mangan – nesmí překročit 0,2 % obsahu, při překročení dochází ke zhoršení měřitelnosti.
- Síra – maximální množství 0,03 % až 0,04 %, sulfidy na sebe vážou vodík, který způsobuje vady smaltu tzv. rybí šupiny.
- Fosfor – přípustný do 0,3 % až 0,4 % obsahu, snižuje při vypalování deformace.
- Křemík – nesmí překročit hodnotu 0,1 až 0,2 %.
- Měď – nesmí překročit 0,1 % obsahu, při překročení dochází ke zvýšení přesycení železa vodíkem.
- Nikl – snižuje tvorbu rybích šupin.
- Hliník - maximální množství 0,008 % až 0,01 %, zlepšuje tvárnost a tažnost oceli, odolnost proti stárnutí oceli.

Nízkouhlíkové hlubokotažné podeutoktoidní oceli mají mikrostrukturu, která je tvořena cementitem a feritem.

Nejvhodnější ocelí pro smaltování je neuklidněná hlubokotažná ocel. V současné době výroba neuklidněné hlubokotažné oceli byla nahrazena výrobou kontinuálně odlévaných

ocelí, které jsou náchylné k výskytu vad ve sklovitém smaltovém povrchu. Kontinuálně odlévané oceli mají nižší vměstkovitost a tedy umožňují difúzi interkrystalických prvků hlavně vodíku, který způsobuje pnutí vedoucí k odprýsknutí vrstvy smaltu v podobě šupin vadu tzv. rybí šupina. Problém kontinuálně odlévaných ocelí se smaltováním byl vyřešen vytvořením jemných cementických částic ve struktuře oceli.[2]

2.5.2 Šedá litina

Šedá litina vhodná ke smaltování musí splňovat řadu požadavků, aby byl vytvořen souvislý sklovitý povlak. Používá se výhradně šedá litina, s perlitickou základní hmotou, která se při vypalování sklovitého smaltového povlaku mění na feritickou strukturu s rovnoměrně rozděleným lamelárním grafitem.

Základní kritéria, ze kterých vycházíme při posuzování šedé litiny, jsou:

- chemické složení
- struktura
- jakost povrchu
- tvar výrobku.

Dalšími podmínkami pro posuzování šedé litiny jsou bezpórovitost, musí být bez trhlin a jiných necelistvostí, musí mít rovnoměrný středně drsný povrch po otryskání.

2.5.3 Neželezné kovy

Hliník a jeho slitiny

Hliníkový plech vhodný pro smaltování je o minimální 99,5% čistotě. Předúpravou hliníkového plechu před smaltováním je odmaštění a moření v roztoku hydroxidu alkalického kovu. Slitiny hliníku a manganu je možné smaltovat po dodatečné předúpravě fosfátováním.

3 BIOLOGICKÉ PROSTŘEDÍ PRO KONTAKT SE SKLOVITÝM SMALTOVÝM POVLAKEM

3.1 Benzín – natural 95

Benzín je slabě nažloutlá kapalina. Je složitou směsí kapalných uhlovodíků s přídavkem aromatických uhlovodíků a benzenu. Vyrábí se frakční destilací ropy v ropných rafinériích. Odolnost benzínu proti předčasnému detonačnímu zážehu označuje oktanové číslo, které je důležitou charakteristikou benzínu.[4]

Využití: v automobilovém průmyslu - palivo v zátěžových spalovacích motorech, pohon zahradních sekaček a traktorů, motorových pil, sněhových fréz a elektrocentrál.

3.2 Motorová nafta

Motorová nafta je známější po názvem nafta nebo také diesel, je bezbarvá až nažloutlá kapalina. Je směsí kapalných uhlovodíků. Vyrábí se destilací a rafinací z ropy při teplotách 150 - 370 °C. Cetanové číslo, které vyjadřuje vznětovou charakteristiku nafty, určuje kvalitu motorové nafty. Využití: v automobilovém průmyslu - palivo pro vznětové motory.[5]

3.3 Chlorid sodný

Chlorid sodný (NaCl) je známější pod názvem sůl, nebo také kuchyňská sůl. V přírodě se vyskytuje ve formě nerostu, který nazýváme halit nebo také kamenná sůl. Krystalický, pevný chlorid sodný má průhlednou nebo bílou barvu, jeho naleziště jsou např. v Polsku, Německu. Chemická sloučenina NaCl podporuje životní funkce většiny organismů. Využití: např. v potravinářském průmyslu - k dochucování jídel a nakládání masa, v chemickém průmyslu – surovina pro výrobu sodíku, jedlé sody, chloru aj., sklářství, v papírenském průmyslu ale také v lékařství ve formě fyziologického roztoku.[6]

3.4 Koňský hnůj

Koňský hnůj patří mezi výhřevná hnojiva. Koňský hnůj s obsahem 29 % sušiny obsahuje 5,2 kg dusíku na tunu koňského hnoje, 3,2 kg fosforu (P_2O_5) na tunu koňského hnoje a 7,3 kg draslíku (K_2O) na tunu koňského hnoje. [7]

Využití: v zemědělství - při kompostování, při výrobě granulovaného hnojiva, při hnojení ovocných dřevin, růží, brambor, paprik, rajčat, brukvovité zeleniny aj, při pěstování žampionů, v energetice - při výrobě bioplynu.

4 METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

Cílem této bakalářské práce je studium tenkých povlaků pro kontakt s biologickým prostředím. Práce je rozdělena na dvě části teoretickou a praktickou. V teoretické části jsou uvedeny definice, druhy, vlastnosti a technologický postup výroby smaltových sklovitých povlaků včetně biologického prostředí pro kontakt se sklovitým smaltovým povlakem. Praktická část se skládá z vytvoření sklovitého smaltového povlaku na ocelových vzorcích a provedení níže uvedených zkoušek.

Hodnocení podkladového materiálu a povlaku před působením biologického prostředí:

1. Měření drsnosti povrchu podkladového plechu pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SJ 301 podle ČSN EN ISO 4287.
2. Měření tloušťky sklovitého smaltového povlaku pomocí tloušťkoměru Elcometer 456.
3. Měření mikrotvrdosti sklovitého smaltového povlaku pomocí Hanemannova mikrotvrdoměru na optickém mikroskopu NEOPHOT 21 podle ČSN ISO 4516.
4. Měření pH biologického prostředí pro kontakt se sklovitým smaltovým povlakem.
5. Makrostruktura povrchu povlaku

Hodnocení povlaku po působení biologického prostředí:

1. Měření tloušťky sklovitého smaltového povlaku pomocí tloušťkoměru Elcometer 456.
2. Měření mikrotvrdosti sklovitého smaltového povlaku pomocí Hanemannova mikrotvrdoměru na optickém mikroskopu NEOPHOT 21 podle ČSN ISO 4516.
3. Měření pH biologického prostředí pro kontakt se sklovitým smaltovým povlakem.
4. Makrostruktura povrchu povlaku.

5 POPIS VSTUPNÍCH MATERIÁLŮ

5.1 Zkušební vzorek ocelového plechu

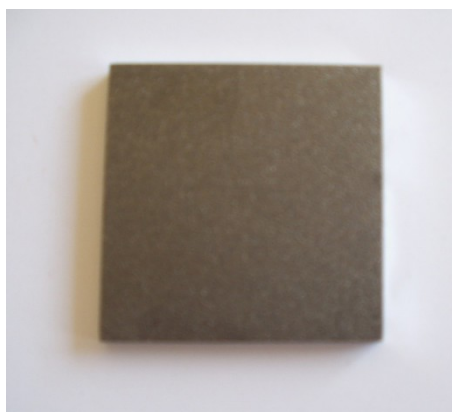
Podkladový materiál pro výrobu sklovitého smaltového povlaku použijeme ocelový plech KOSMALT E 300T – válcovaný za tepla, používá se na výrobu konstrukcí, které mají odolávat atmosférickým vlivům.

Mechanická úprava povrchu ocelového plechu - otryskání, při němž jsou odstraněny všechny okraje, rzi a původní nátěry z povrchu ocelového plechu. Otryskání bylo provedeno pomocí ocelové drti na stupeň čistoty povrchu Sa 2 ½ dle ČSN EN ISO 8501-1. Chemické složení oceli uvedeno v Tab. 1

Tab. 1 Chemické složení ocelového plechu KOSMALT – E 300T

Chemické složení								
Prvek	C	Mn	Si	P	S	Al	N	Ti
Obsah [%]	0,07	0,21	0,03	0,013	0,01	0,042	0,006	0,06

Rozměry zkušební vzorku 50 x 50 x 3 mm.



Obr. 1 Zkušební vzorek ocelového plechu

5.2 Sklovité smaltové povlaky použité při experimentu

Základní smalt Ferro

Krycí smalt zelený Mefrit

Tab. 2 Chemická analýza smaltéřské břčky základního smaltu Ferro a krycího smaltu zelený Mefrit

Základní smalt Ferro				Krycí smalt zelený Mefrit			
Prvek	W [% hm.]	Prvek	W [% hm.]	Prvek	W [% hm.]	Prvek	W [% hm.]
Na	15,00	Na ₂ O	14,60	Na	16,7	Na ₂ O	16,30
Mg	0,24	MgO	0,23	Mg	0,20	MgO	0,18
Al	5,54	Al ₂ O ₃	6,60	Al	3,34	Al ₂ O ₃	3,96
Si	43,40	SiO ₂	56,00	Si	45,60	SiO ₂	58,80
P	0,56	P ₂ O ₅	0,68	P	0,13	P ₂ O ₅	0,16
K	2,97	K ₂ O	1,74	K	5,27	K ₂ O	3,04
Ca	9,78	CaO	6,77	Ca	3,10	CaO	2,07
Ti	0,61	TiO ₂	0,48	Ti	3,24	TiO ₂	2,50
Cr	0,06	Cr ₂ O ₃	0,04	Cr	2,29	Cr ₂ O ₃	1,50
Mn	0,80	MnO	0,46	Mn	0,23	MnO	0,13
Fe	12,2	Fe ₂ O ₃	7,62	Fe	8,02	Fe ₂ O ₃	4,94
Co	0,55	Co ₃ O ₄	0,3	Co	0,52	Co ₃ O ₄	0,28
Ni	1,53	NiO	0,78	Ni	4,75	NiO	2,44
Cu	0,75	CuO	0,38	Cu	0,39	CuO	0,20
Zn	1,35	ZnO	0,67	Zn	0,75	ZnO	0,36
Zr	0,29	ZrO ₂	0,19	Zr	3,90	ZrO ₂	2,29
Ba	3,58	BaO	1,85	Ba	0,91	BaO	0,45

5.3 Značení vzorků

Číslo vzorku nám určuje, do jakého biologického prostředí bude nebo byl vzorek aplikován:

1. benzín natural 95 (dále značen pouze jako benzín)
2. nafta
3. roztok vody a NaCl v poměru 1:1 (dále značen pouze jako NaCl)
4. koňský hnůj

Označení za číslem vzorku:

Z – základní smalt

ZK – základní a krycí smalt

Př. Vzorek č. 2ZK

Vzorek, který byl nebo bude aplikován do nafty, sklovitý smaltový povlak je složený ze 2 vrstev základního a krycího smaltu

6. TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY TENKÉHO SMALTOVÉHO POVLAKU

Povrchová předúprava ocelových vzorků

Ocelové vzorky byly odmaštěny v odmašťovací lázni. Odmašťovací lázeň byla složena z odmašťovacího prostředku Simple Green Crystal a vody, namíchaná v poměru 1:15. Odmaštění trvalo 15 minut, následně provedeno opláchnutí vlažnou vodou a následné sušení.

Nanesení smaltéřské břechky základního smaltu

Smaltéřská břecha základního smaltu se nanášela stříkací pistolí tlakem 0,2 MPa ve stříkací kabině (obr. 2).



Obr. 2 Stříkací kabina se vzorky

Sušení smaltového nánosu

Nanesenou smaltéřskou břechku, neboť obsahuje vodu, bylo nutné před vypálením vysušit. Sušení se provádělo v horkovzdušné peci po dobu 20 minut při teplotě 100 °C.

Vypalování smaltu

Vypalování základního sklovitého smaltového povlaku na zkušebních vzorcích probíhalo při teplotě 820°C po dobu 15 minut ve vypalovací peci (obr. 3).



Obr. 3 Vypalovací pec

Chladnutí na vzduchu

Po vychladnutí vzorků na vzduchu byl následně na polovinu vzorků nanášen krycí smaltový povlak stejným způsobem jako základní smalt, sušení při teplotě 100 °C, vypalování při teplotě 800°C.

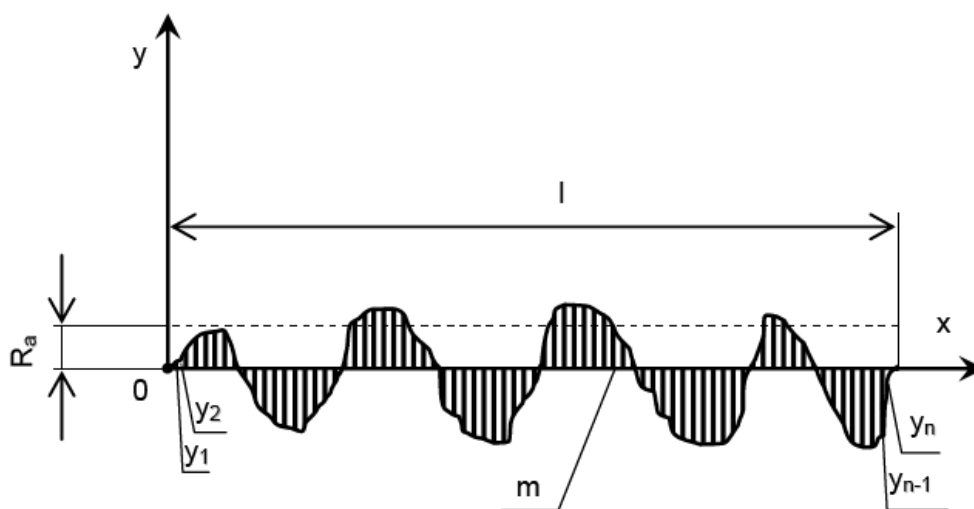
7 MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU

7.1 Drsnost povrchu

Skutečný povrch materiálu nebo součásti se od ideálního povrchu materiálu nebo součásti liší velmi malými nerovnostmi, které jsou tvořeny výstupky a prohlubněmi po celé ploše.

Drsnost povrchu je souhrn všech nerovností povrchu, které mají mezi sebou poměrně malé vzdálenosti. Drsnost povrchu závisí na způsobu obrábění, na technologických podmínkách, na obráběném materiálu a jiných vlivech.

Drsnost povrchu je charakterizována střední aritmetickou úchylkou profilu R_a , což je střední aritmetická hodnota absolutních hodnot úchylek y_i profilu v rozsahu základní délky l . Střední aritmetická čára profilu m rozděluje skutečný profil tak, že v rozsahu základní délky jsou součty ploch na obou jejích stranách stejné [8].



Obr. 4 Profilová křivka obrobeného povrchu [8]

Na výrobních výkresech se drsnost povrchu předepisuje číselnou hodnotou střední aritmetické úchylky profilu R_a v mikrometrech.

7.2 Měření drsnosti povrchu podkladového plechu

Po povrchové předúpravě zkušebních vzorků podkladového plechu proběhlo měření drsnosti povrchu vzorku dle ČSN EN ISO 4287. Měření bylo provedeno jen na jednom vzorku, jelikož bylo předpokládáno, že ostatní vzorky mají obdobnou drsnost, na přístroji Mitutoyo Surftest SJ – 301 (obr. 5), což je přenosný drsnoměr s dotykovým ovládacím displejem a vestavěnou tiskárnou.



Obr. 5 Mitutoyo Surftest SJ-301

Měřené parametry drsnosti:

Ra – střední aritmetická hodnota absolutních hodnot úchylek profilu [μm]

Rz – součet výšky nejvyššího výstupku hloubky nejnižší prohlubně [μm]

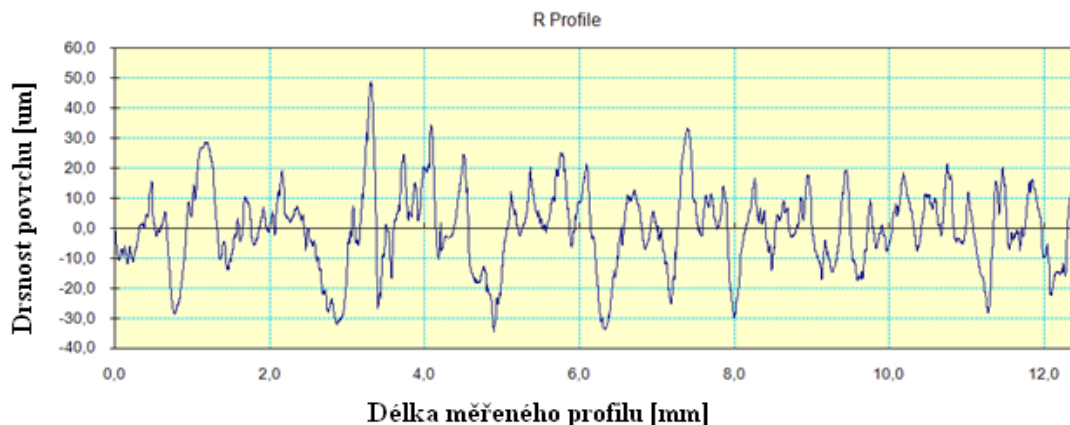
Rq – průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu [μm]

Rp – nejvyšší výška výstupku profilu [μm]

Rv – největší hloubka prohlubně profilu [μm]

Rsk – šikmost posuzovaného profilu [-]

Rku – špičatost posuzovaného profilu [-]



Obr. 6 Graf profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301 pro měření č.1

Tab. 3 Naměřené hodnoty parametrů drsnosti

Měření	Parametry drsnosti						
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]
1.	10,45	61,18	13,19	83,45	30,97	-0,12	2,89
2.	10,4	49,14	12,17	67,16	25,59	-0,07	2,01
3.	11,54	68,39	14,74	97,11	34,79	-0,25	2,9
4.	13,09	66,95	15,79	84,64	36,29	-0,09	2,44
5.	11,37	61,01	13,91	71,43	29,39	-0,02	2,64
6.	12,81	63,15	15,55	79,29	35,25	-0,33	2,7
7.	12,31	72,4	15,74	97,12	38,8	-0,41	3,09
8.	10,76	58,6	13,12	74,68	32,16	-0,31	2,7
9.	10,93	59,02	13,68	70,2	30,25	-0,01	2,57
10.	10,89	57,28	13,14	77,72	30,18	-0,12	2,4
Průměrné hodnoty	11,455	61,712	14,103	80,28	32,367	-0,173	2,634

7.3 Vyhodnocení měření drsnosti vzorku podkladového plechu

Z naměřených a vypočítaných průměrných hodnot parametrů drsnosti lze určit: střední aritmetická hodnota absolutních hodnot úchylek profilu Ra – se pohybovala v rozmezí 10,4 -13,09 μm a průměrná hodnota je 11,455 μm . Součet výšky nejvyššího výstupku hloubky nejnižší prohlubně Rz – se pohyboval v rozmezí 49,14 -72,4 μm a průměrná hodnota je 61,712 μm . Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu Rq – se pohybovala v rozmezí 12,17 -15,74 μm a průměrná hodnota je 14,103 μm . Nejvyšší výška výstupku profilu Rp – se pohybovala v rozmezí 67,16 - 97,12 μm a průměrná hodnota je 80,28 μm . Největší hloubka prohlubně profilu Rv – se pohybovala v rozmezí 25,59 - 38,8 μm a průměrná hodnota je 32,367 μm . Šikmost posuzovaného profilu Rsk – se pohybovala v rozmezí -0,01 - -0,41 a průměrná hodnota je -0,173. Špičatost posuzovaného profilu Rku – se pohybovala v rozmezí 2,01 - 3,09 a průměrná hodnota je 2,634.

8 MĚŘENÍ TLOUŠŤKY SKLOVITÉHO SMALTOVÉHO POVLAKU

8.1 Měření tloušťky sklovitého smaltového povlaku

Měření tloušťky sklovitého smaltového povlaku bylo provedeno digitálním tloušťkoměrem Elcometer 456 (obr. 7) na všech ocelových vzorcích.



Obr. 7 Elcometer 456

Měření tloušťky sklovitého smaltového povlaku nejprve proběhlo před aplikací vzorku do biologického prostředí, následně byly vzorky aplikovány do biologických prostředí, kde setrvaly po dobu 10 dní. Poté byly vzorky vytaženy, očištěny a následovala nová měření.

Tab. 4 Naměřené tloušťky základního smaltového povlaku před aplikací do biologického prostředí

Tloušťka základního smaltu před aplikací v biologickém prostředí							
Vzorek č. 1Z		Vzorek č.2Z		Vzorek č. 3Z		Vzorek č. 4Z	
Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]
1.	222	1.	175	1.	210	1.	119
2.	218	2.	193	2.	199	2.	108
3.	213	3.	182	3.	204	3.	113
Průměrná hodnota	217,67	Průměrná hodnota	183,33	Průměrná hodnota	204,33	Průměrná hodnota	113,33

Tab. 5 Naměřené tloušťky základního smaltového povlaku před aplikací do biologického prostředí

Tloušťka základního a krycího smaltu před aplikací do biologického prostředí							
Vzorek č. 1Z		Vzorek č.2Z		Vzorek č. 3Z		Vzorek č. 4Z	
Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]
1.	225	1.	276	1.	220	1.	249
2.	230	2.	268	2.	245	2.	223
3.	228	3.	273	3.	231	3.	239
Průměrná hodnota	227,67	Průměrná hodnota	272,33	Průměrná hodnota	232	Průměrná hodnota	237

Tab. 6 Naměřené tloušťky základního smaltového povlaku po aplikaci z biologického prostředí

Tloušťka základního smaltu po aplikaci z biologického prostředí							
Vzorek č. 1Z		Vzorek č.2Z		Vzorek č. 3Z		Vzorek č. 4Z	
Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]
1.	214	1.	194	1.	199	1.	110
2.	214	2.	167	2.	194	2.	121
3.	228	3.	183	3.	208	3.	105
4.	220	4.	182	4.	193	4.	114
5.	223	5.	172	5.	192	5.	109
6.	214	6.	191	6.	213	6.	122
7.	222	7.	168	7.	200	7.	113
8.	226	8.	178	8.	202	8.	120
9.	208	9.	174	9.	216	9.	122
10.	225	10.	169	10.	195	10.	108
Průměrná hodnota	219,4	Průměrná hodnota	177,8	Průměrná hodnota	201,2	Průměrná hodnota	114,4

Tab. 7 Naměřené tloušťky krycího a základního smaltového povlaku po aplikaci z biologického prostředí

Tloušťka základního a krycího smaltu po aplikaci z biologického prostředí							
Vzorek č. 1Z+K		Vzorek č.2Z+K		Vzorek č. 3Z+K		Vzorek č. 4Z+K	
Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]	Měření	Tloušťka [μm]
1.	230	1.	278	1.	239	1.	249
2.	231	2.	268	2.	250	2.	225
3.	235	3.	265	3.	229	3.	234
4.	224	4.	270	4.	216	4.	251
5.	232	5.	273	5.	244	5.	246
6.	224	6.	265	6.	250	6.	245
7.	230	7.	270	7.	240	7.	218
8.	232	8.	260	8.	234	8.	237
9.	223	9.	268	9.	245	9.	229
10.	230	10.	275	10.	246	10.	235
Průměrná hodnota	229,12	Průměrná hodnota	269,2	Průměrná hodnota	239,3	Průměrná hodnota	236,9

8.2 Vyhodnocení měření tloušťky sklovitého smaltového povlaku

Tloušťka základního smaltového povlaku a dvouvrstvého (základního a krycího) sklovitého smaltového povlaku splňují, že se opravdu jedná tenké povlaky.

Nanášení smaltové břečky formou ručního stříkání je velice náročné na odhadnutí správné tloušťky smaltového povlaku a správného nastavení stříkací pistole. Při měření byla zjištěna nerovnoměrnost nánosu tloušťky základního i základního a krycího smaltového povrchu, velkým rozptylem naměřených hodnot. Porovnáním průměrných hodnot tloušťky povlaku před působením biologického prostředí a po působení biologického prostředí, u některých vzorků (vzorek č.1Z, vzorek č. 4Z, vzorek č.1ZK, vzorek č. 3ZK) nelze jednoznačně určit vliv prostředí na tloušťku povlaku. V ostatních případech má biologické prostředí vliv na tloušťku sklovitého povlaku.

9 MĚŘENÍ MIKROTVRDOSTI SKLOVITÉHO SMALTOVÉHO POVLAKU

9.1 Měření tloušťky sklovitého smaltového povlaku

Mikrotvrdomost materiálu je definována jako odpor materiálu proti vnikání cizího tělesa. Mikrotvrdomost sklovitého smaltového povlaku byla stanovena Vickersovou metodou s použitím Hanemannova mikrotvrdoměru ve spojení s optickým mikroskopem NEOPHOT 21.

Měření mikrotvrdomosti sklovitého smaltového povlaku nejprve proběhlo před aplikací vzorku do biologického prostředí, následně byly vzorky aplikovány do biologických prostředí, kde setrvaly po dobu 10 dní. Poté byly vzorky vytaženy, očištěny a následovala nová měření.

Tab. 8 Naměřené hodnoty mikrotvrdomosti základního sklovitého smaltového povlaku před aplikací do biologického prostředí

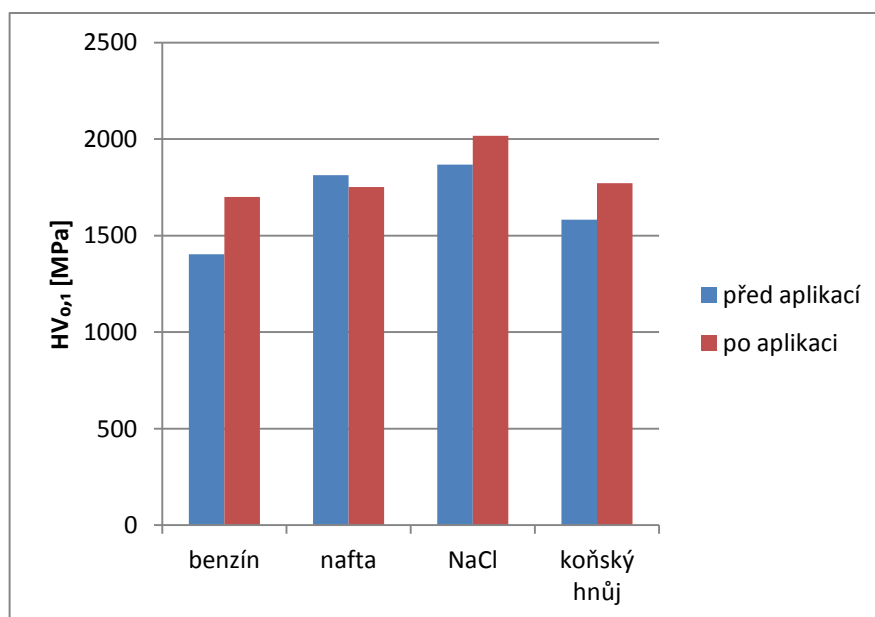
Mikrotvrdomost základního povlaku před aplikací do biologického prostředí				
	Vzorek č. 1Z	Vzorek č. 2Z	Vzorek č. 3Z	Vzorek č. 4Z
HV _{0,1} [MPa]	1404	1813	1867	1583

Tab. 9 Naměřené hodnoty mikrotvrdomosti základního a krycího sklovitého smaltového povlaku před aplikací do biologického prostředí

Mikrotvrdomost základního a krycího povlaku před aplikací do biologického prostředí				
	Vzorek č. 1ZK	Vzorek č. 2ZK	Vzorek č. 3ZK	Vzorek č. 4ZK
HV _{0,1} [MPa]	1526	1977	1989	1945

Tab. 10 Naměřené hodnoty mikrotvrdosti základního sklovitého smaltového povlaku po aplikaci z biologického prostředí

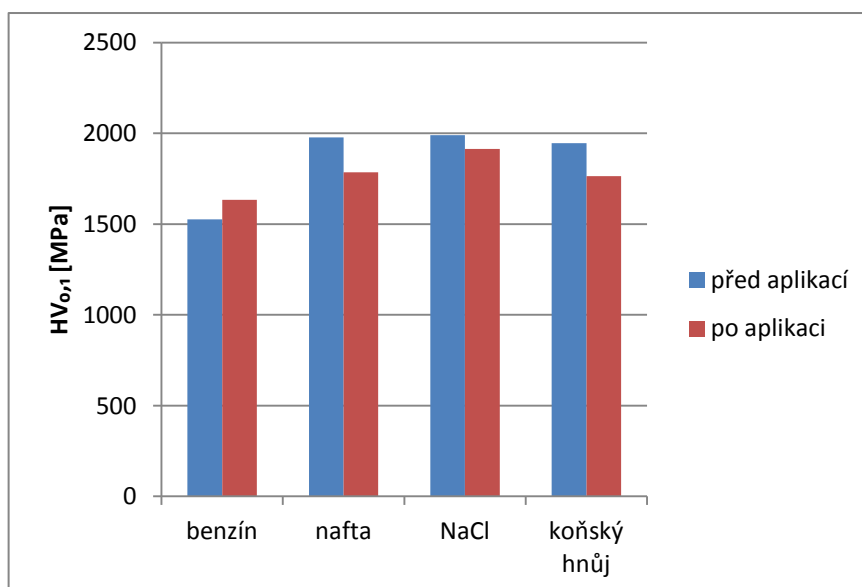
Mikrotvrdost základního povlaku po aplikaci z benzínu vzorek č. 1Z				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
HV _{0,1} [MPa]	1517	1712	1873	1700,67
Mikrotvrdost základního povlaku po aplikaci z nafty vzorek č. 2Z				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
HV _{0,1} [MPa]	1654	1804	1797	1751,67
Mikrotvrdost základního povlaku po aplikaci z NaCl vzorek č. 3Z				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
HV _{0,1} [MPa]	2173	1967	2068	2017,5
Mikrotvrdost základního povlaku po aplikaci z koňského hnoje vzorek č. 4Z				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
HV _{0,1} [MPa]	1967	1460	1886	1771



Obr. 8 Graf porovnání naměřených hodnot mikrotvrdosti základního sklovitého smaltového povlaku

Tab. 11 Naměřené hodnoty mikrotvrlosti základního a krycího sklovitého smaltového povlaku po aplikaci z biologického prostředí

Mikrotvrdot základního povlaku po aplikaci z benzínu vzorek č. 1ZK				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
HV _{0,1} [MPa]	1797	1517	1587	1633,67
Mikrotvrdot základního povlaku po aplikaci z nafty vzorek č. 2ZK				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
HV _{0,1} [MPa]	1976	1654	1725	1785
Mikrotvrdot základního povlaku po aplikaci z NaCl vzorek č. 3ZK				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
HV _{0,1} [MPa]	1804	2286	1654	1914,67
Mikrotvrdot základního povlaku po aplikaci z koňského hnoje vzorek č. 4ZK				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
HV _{0,1} [MPa]	1881	1804	1605	1763,33



Obr. 9 Graf porovnání naměřených hodnot mikrotvrlosti základního a krycího sklovitého smaltového povlaku

9. 2 Vyhodnocení měření mikrotvrdosti sklovitého smaltového povlaku

Biologické prostředí má vliv na mikrotvrdost základního i základního a krycího smaltového povlaku.

Mikrotvrdost základního smaltového povlaku po aplikaci z nafty se zmenší, v ostatních případech po aplikaci z biologického prostředí dochází ke zvýšení mikrotvrdosti základního smaltového povlaku.

Mikrotvrdost základního a krycího smaltového povlaku po aplikaci z benzínu se zvětší, v ostatních případech po aplikaci z biologického prostředí dochází ke snížení mikrotvrdosti základního a krycího smaltového povlaku.

10 MĚŘENÍ PH BIOLOGICKÉHO PROSTŘEDÍ

10.1 Měření pH biologického prostředí

Měření pH biologického prostředí bylo provedeno před aplikací vzorků do biologického prostředí a následně po aplikaci z biologického prostředí. Měření bylo prováděno na přístroji Eutech pH5+ (obr. 10)



Obr. 10 PH metr s pH elektrodou a pH kit

Tab. 12 Naměřené hodnoty pH benzínu natural 95

pH benzínu před aplikací vzorku do benzínu				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
pH	6,85	6,79	6,85	6,83
pH benzínu po aplikaci vzorku z benzínu				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
pH	7,20	7,10	7,12	7,14

Tab. 13 Naměřené hodnoty pH nafty

pH nafty před aplikací vzorku do nafty				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
pH	5,23	5,25	5,30	5,26

Tab. 14 Naměřené hodnoty pH nafty

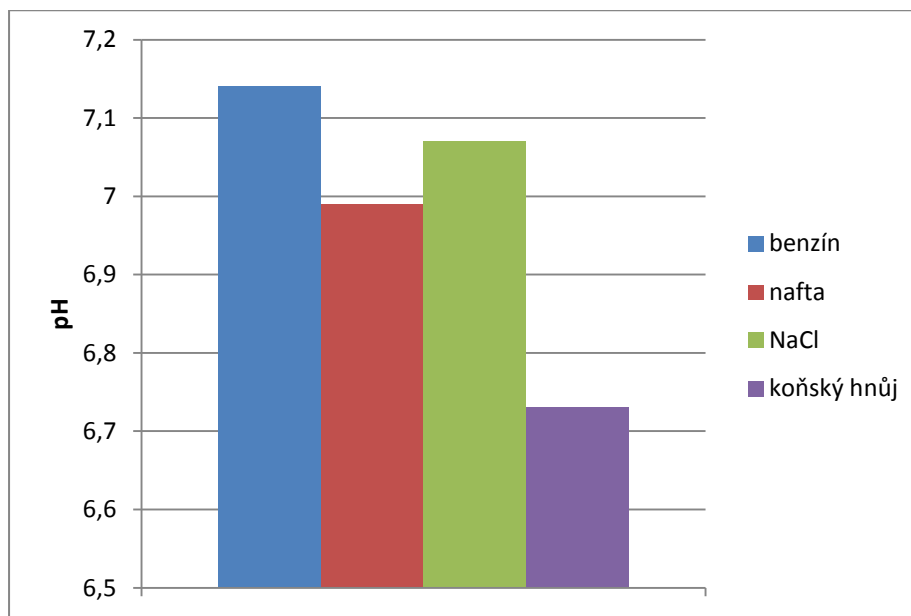
pH nafty po aplikaci vzorku z nafty				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
pH	6,98	6,99	7,00	6,99

Tab. 15 Naměřené hodnoty pH NaCl

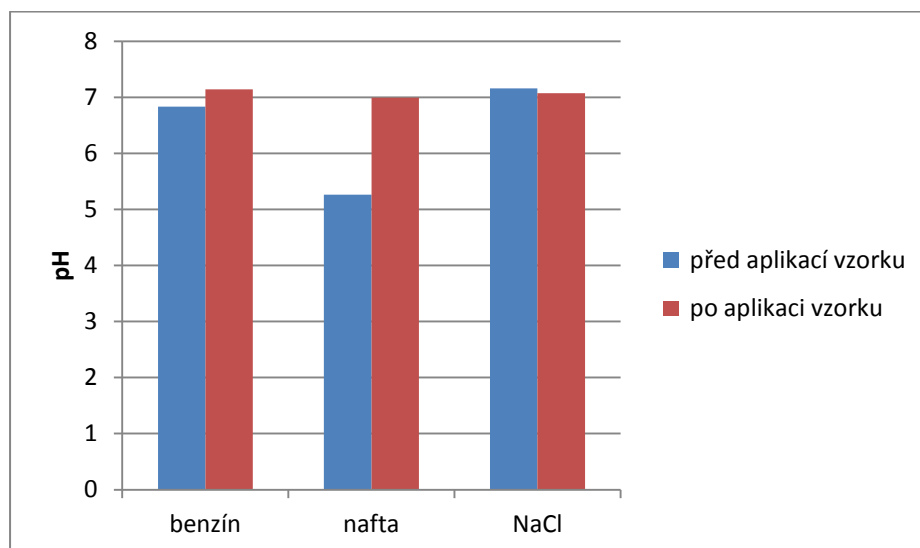
pH NaCl před aplikací vzorku do NaCl				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
pH	7,15	7,13	7,2	7,16
pH NaCl po aplikaci vzorku z NaCl				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
pH	7,05	7,06	7,11	7,07

Tab. 16 Naměřené hodnoty pH koňského hnoje

pH koňského po aplikaci vzorku z koňského hnoje				
	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměrná hodnota
pH	6,73	6,69	6,76	6,73



Obr. 11 Graf porovnání pH biologického prostředí po aplikaci vzorků



Obr. 12 Graf porovnání zvýšení alkality a kyselosti

10.3 Vyhodnocení měření pH biologického prostředí

Porovnáním naměřených hodnot pH lze určit, že biologické prostředí má vliv na sklovitý smaltový povlak. Po aplikaci vzorků z biologického prostředí lze určit, že nejvyšší pH má benzín a nejnižší pH koňský hnůj. U nafty a benzínu došlo ke zvýšení alkality a u NaCl ke zvýšení kyselosti.

11 MAKROSTRUKTURA POVRCHU SMALTOVÉHO POVLAKU

Snímkování povrchu sklovitého smaltového povlaku nejprve proběhlo před aplikací vzorku do biologického prostředí, následně byly vzorky aplikovány do biologických prostředí, kde setrvaly po dobu 10 dní. Poté byly vzorky očištěny a následovalo nové snímkování.

Na levé straně je zobrazen povlak před aplikací do biologického prostředí.

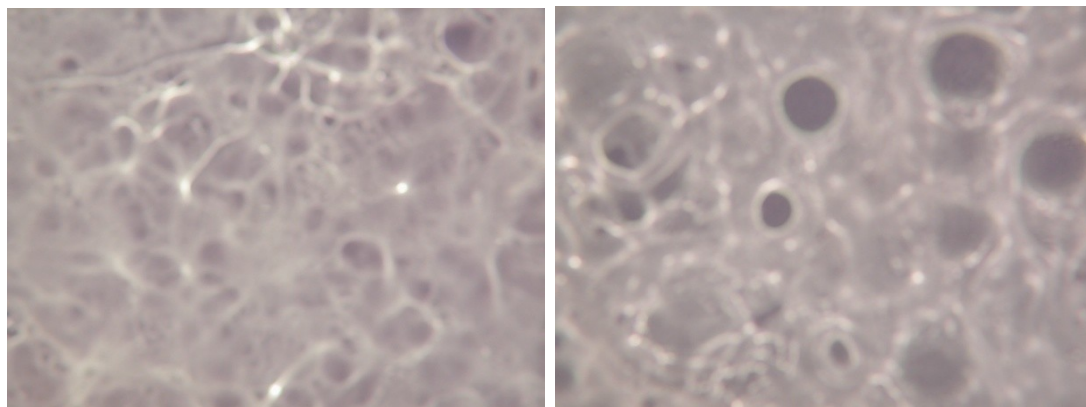
Na pravé straně je zobrazen povlak po aplikaci z biologického prostředí.

11.1 Makrostruktura povrchu základního smaltového povrchu vzorek č.1

Biologické prostředí - benzín



Obr. 13 Povrch vzorku č. 1 základního smaltového povlaku před aplikací do benzínu (vlevo), po aplikaci z benzínu (vpravo)



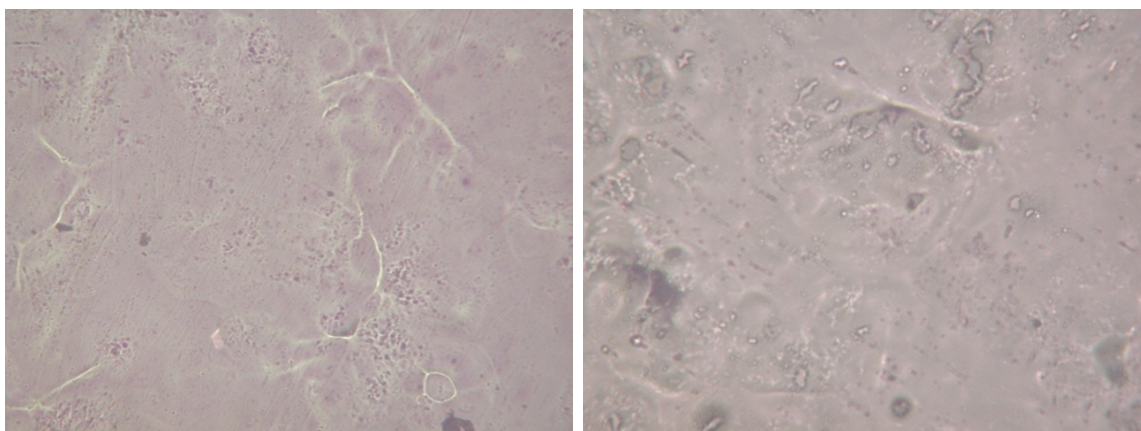
Obr. 14 Makrostruktura povrchu vzorku č. 1 základního smaltového povlaku zvětšeno 200x před aplikací do benzínu (vlevo), po aplikaci z benzínu (vpravo)

11.2 Makrostruktura povrchu základního smaltového povrchu vzorek č.2

Biologické prostředí - nafta



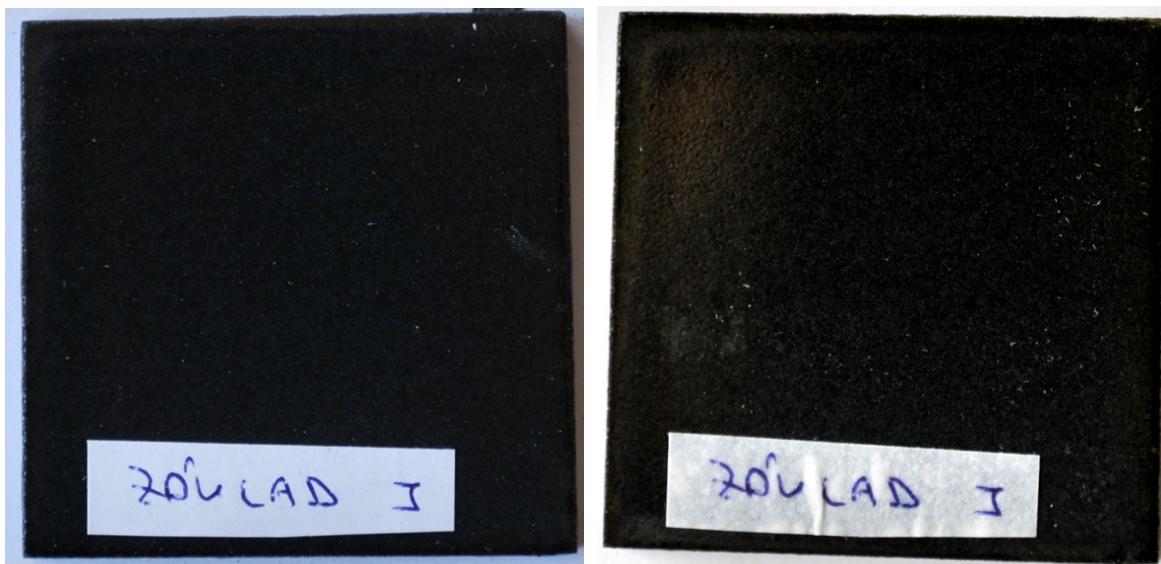
Obr. 15 Povrch vzorku č. 2 základního smaltového povlaku před aplikací do nafty (vlevo), po aplikaci z nafty (vpravo)



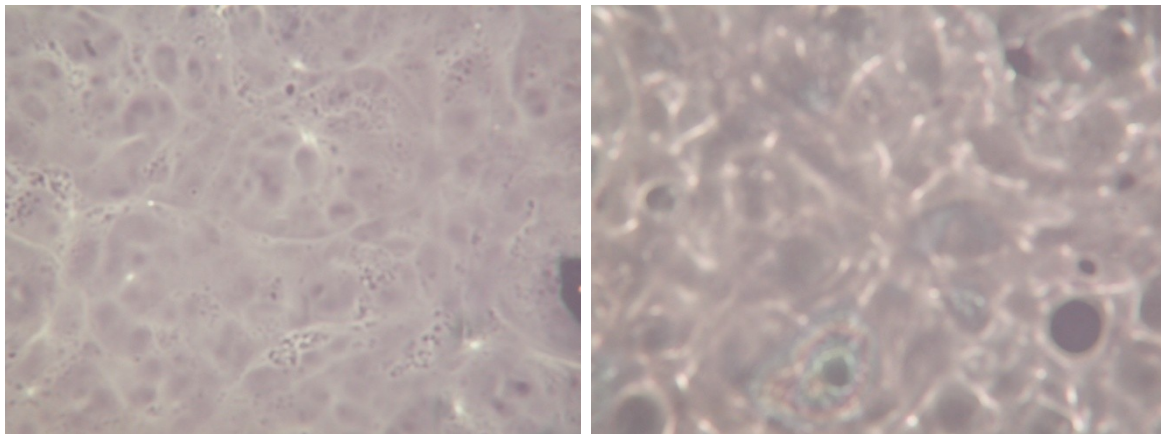
Obr. 16 Makrostruktura povrchu vzorku č. 2 základního smaltového povlaku zvětšeno 200x před aplikací do nafty (vlevo), po aplikaci z nafty (vpravo)

11.3 Makrostruktura povrchu základního smaltového povrchu vzorek č.3

Biologické prostředí – NaCl



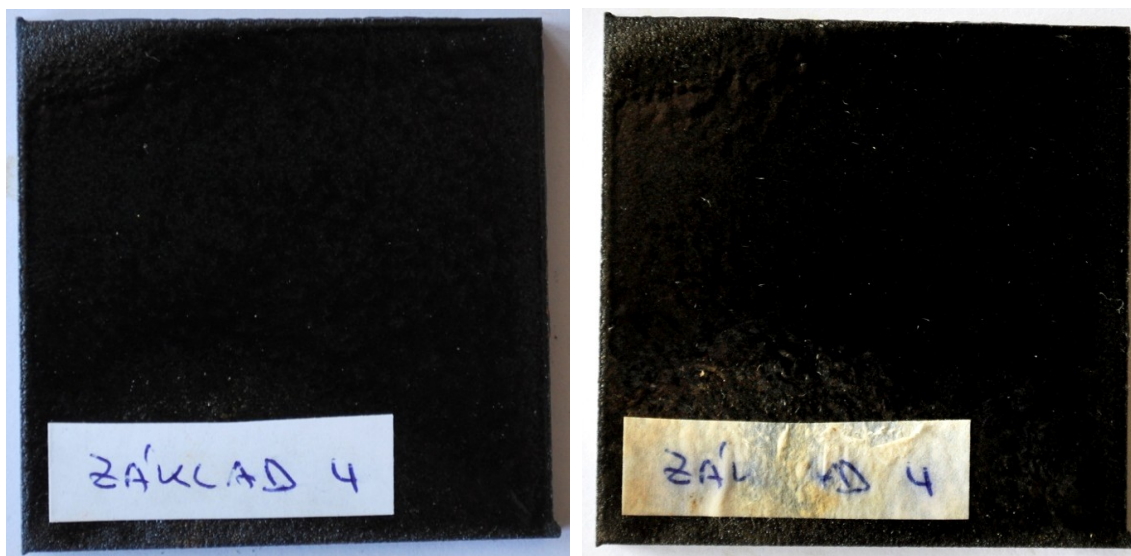
Obr. 17 Povrch vzorku č. 3 základního smaltového povlaku před aplikací NaCl (vlevo), po aplikaci z NaCl (vpravo)



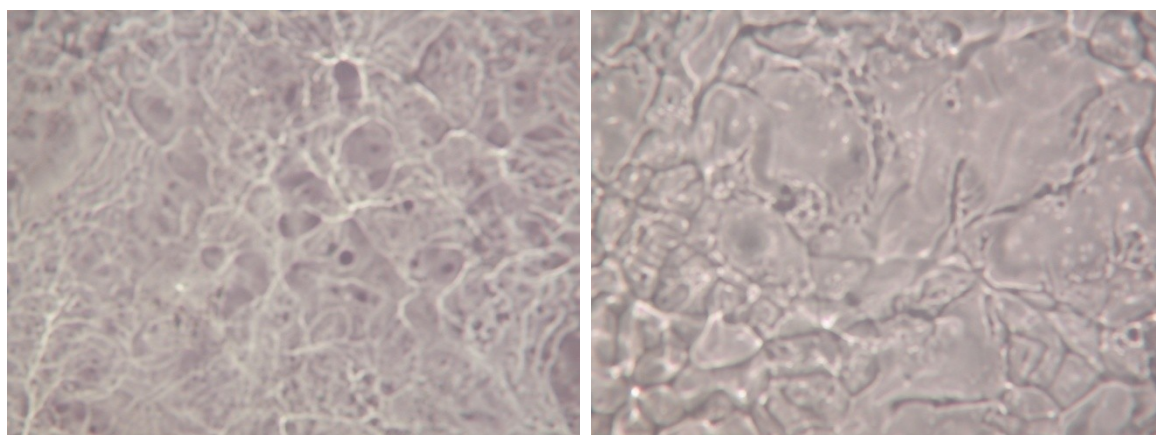
Obr. 18 Makrostruktura povrchu vzorku č. 3 základního smaltového povlaku zvětšeno 200x před aplikací do NaCl (vlevo), po aplikaci z NaCl (vpravo)

11.4 Makrostruktura povrchu základního smaltového povrchu vzorek č.4

Biologické prostředí – koňský hnůj



Obr. 19 Povrch vzorku č. 4 základního smaltového povlaku před aplikací do koňského hnoje (vlevo), po aplikaci z koňského hnoje (vpravo)



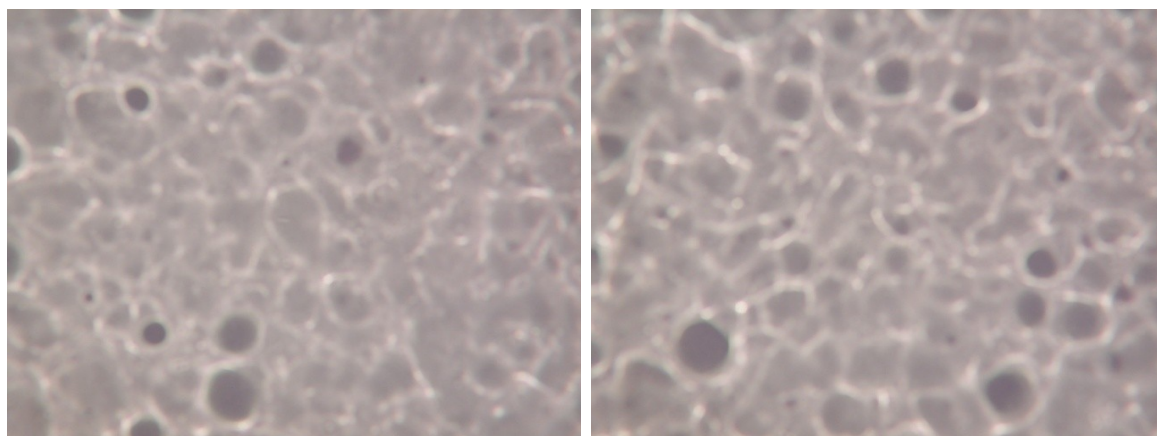
Obr. 20 Makrostruktura povrchu vzorku č. 4 základního smaltového povlaku zvětšeno 200x před aplikací do koňského hnoje (vlevo), po aplikaci z koňského hnoje (vpravo)

11.5 Makrostruktura povrchu základního a krycího smaltového povrchu vzorek č. 1

Biologické prostředí - benzín



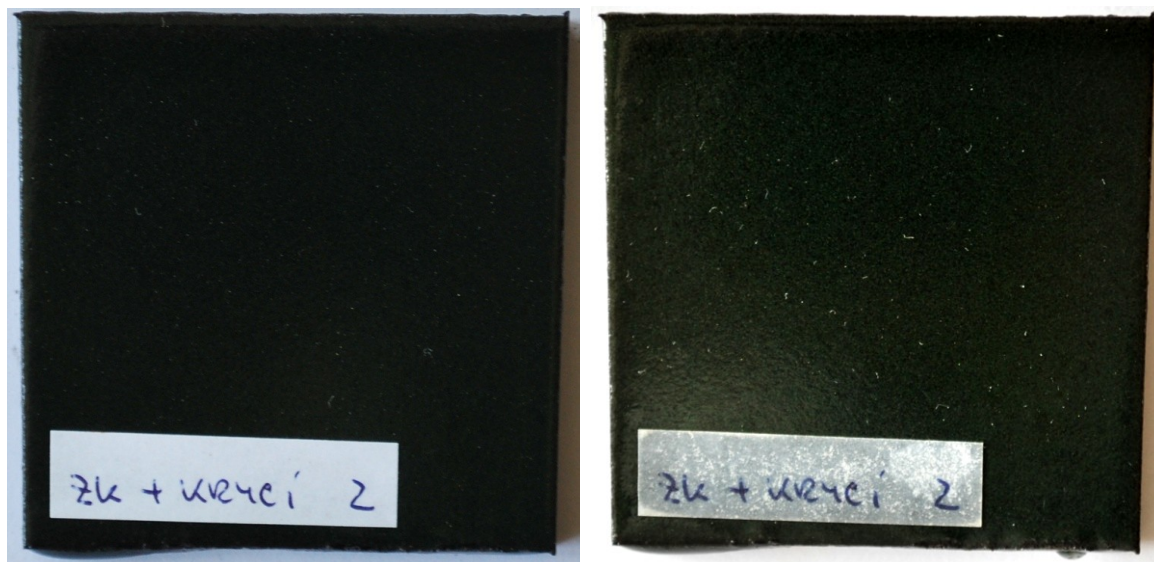
Obr. 21 Povrch vzorku č. 1 základního a krycího smaltového povlaku před aplikací do benzínu (vlevo), po aplikaci z benzínu (vpravo)



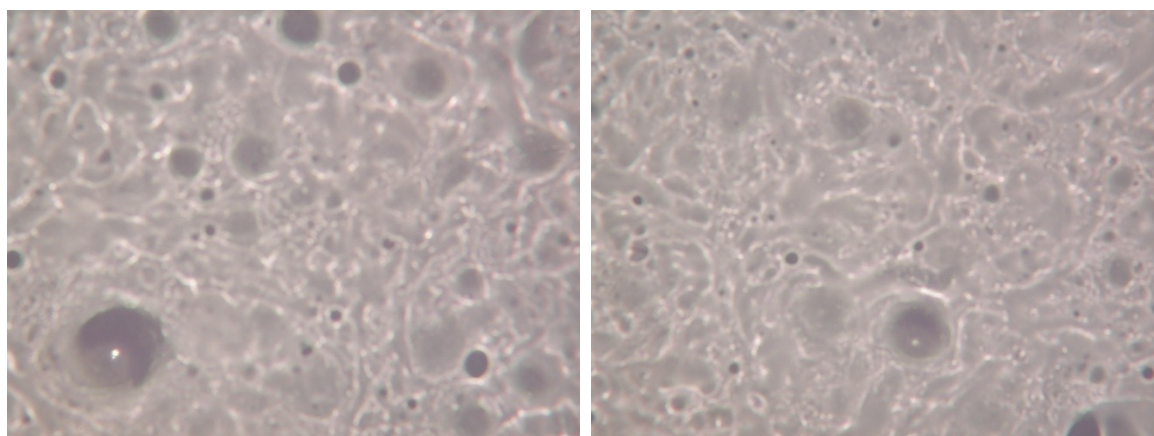
Obr. 22 Makrostruktura povrchu vzorku č. 1 základního a krycího smaltového povlaku zvětšeno 200x před aplikací do benzínu (vlevo), po aplikaci z benzínu (vpravo)

11.6 Makrostruktura povrchu základního a krycího smaltového povrchu vzorek č. 2

Biologické prostředí – nafta



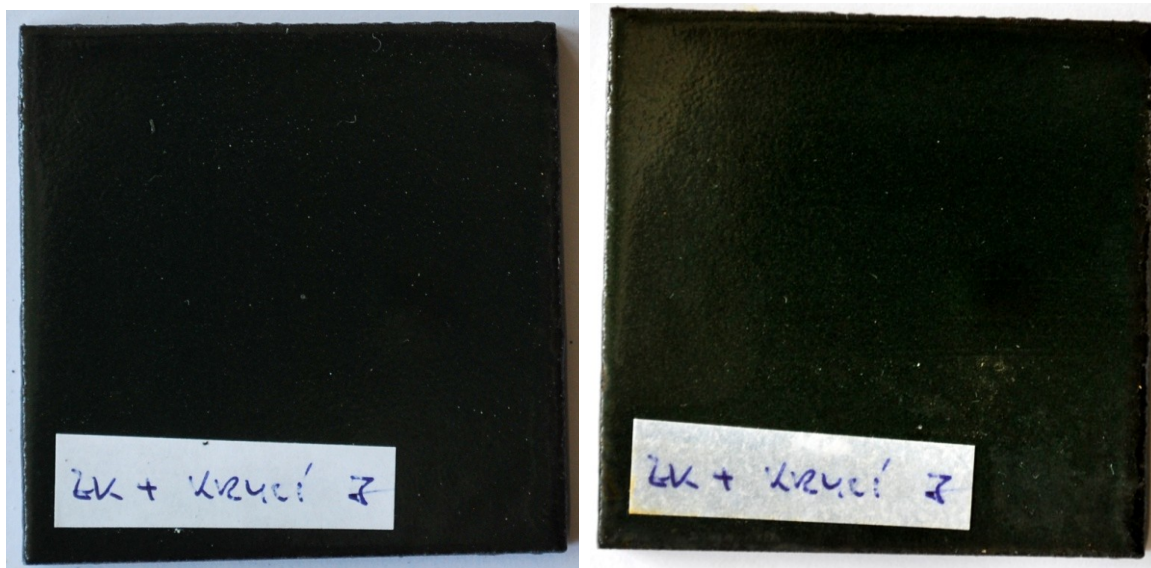
Obr. 23 Povrch vzorku č. 2 základního a krycího smaltového povlaku před aplikací do nafty (vlevo), po aplikaci z nafty (vpravo)



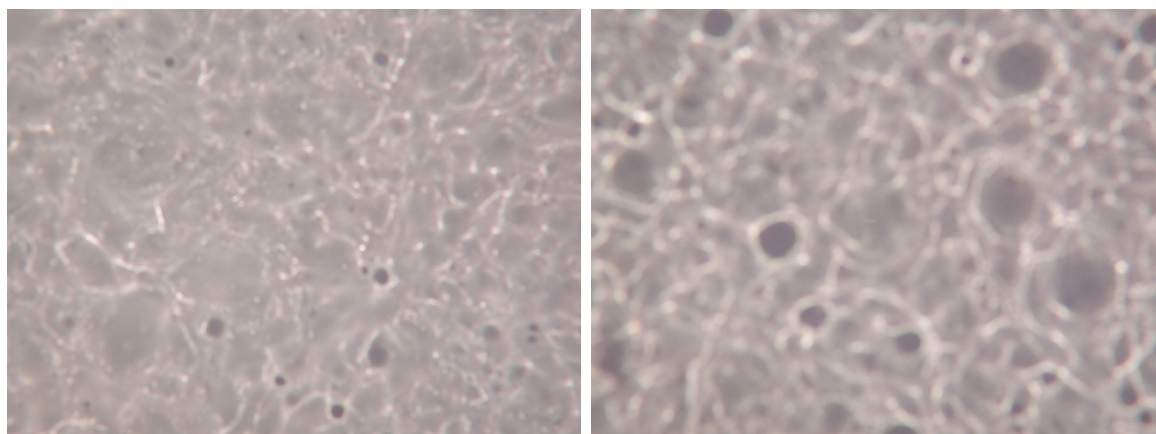
Obr. 24 Makrostruktura povrchu vzorku č. 2 základního a krycího smaltového povlaku zvětšeno 200x před aplikací do nafty (vlevo), po aplikaci z nafty (vpravo)

11.7 Makrostruktura povrchu základního a krycího smaltového povrchu vzorek č. 3

Biologické prostředí - NaCl



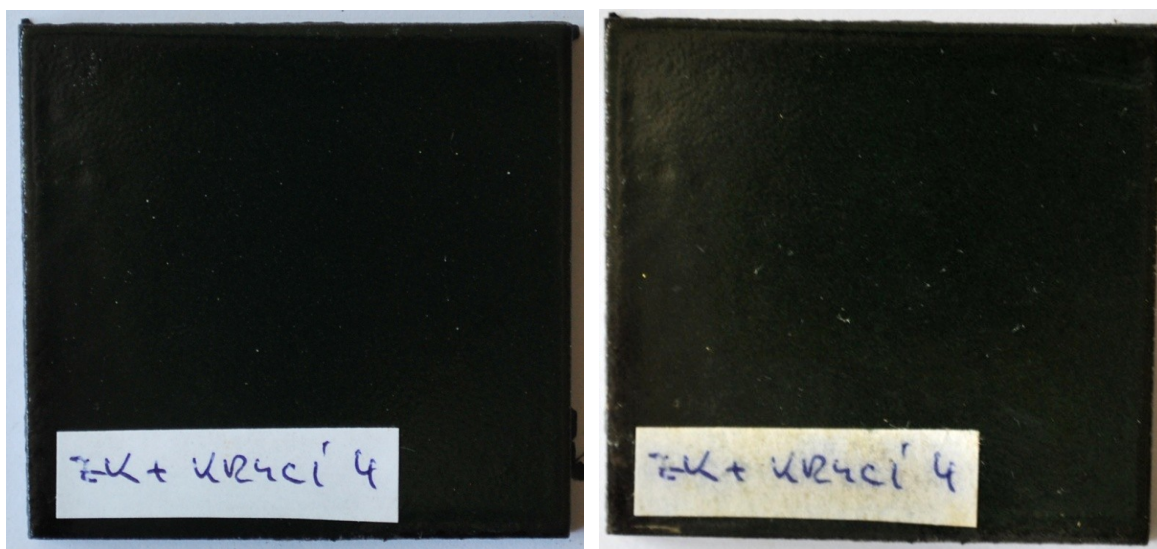
Obr. 25 Povrch vzorku č. 3 základního a krycího smaltového povlaku před aplikací do NaCl (vlevo), po aplikaci z NaCl (vpravo)



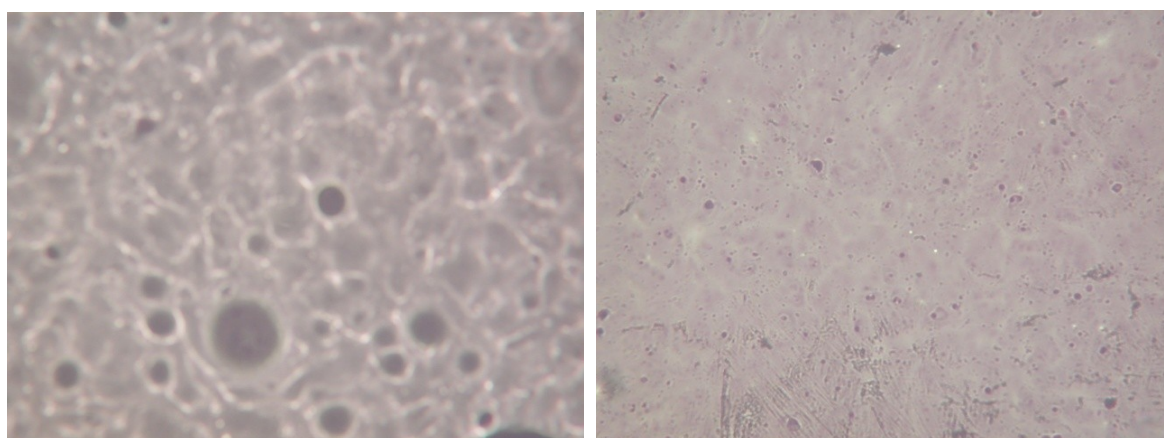
Obr. 26 Makrostruktura povrchu vzorku č. 3 základního a krycího smaltového povlaku zvětšeno 200x před aplikací do NaCl (vlevo), po aplikaci z NaCl (vpravo)

11.8 Makrostruktura povrchu základního a krycího smaltového povrchu vzorek č. 4

Biologické prostředí - koňský hnůj



Obr. 27 Povrch vzorku č. 4 základního a krycího smaltového povlaku před aplikací do koňského hnoje (vlevo), po aplikaci z koňského hnoje (vpravo)



Obr. 28 Makrostruktura povrchu vzorku č. 4 základního a krycího smaltového povlaku zvětšeno 200x před aplikací do koňského hnoje (vlevo), po aplikaci z koňského hnoje (vpravo)

11.9 Vyhodnocení makrostruktury povrchu vzorku

Porovnáním snímků povrchu vzorků před aplikací a po aplikaci z biologického prostředí bylo zjištěno, že dochází ke změně makrostruktury povrchu sklovitého smaltového povlaku jak u základního smaltu tak i u dvouvrstvého základního a krycího smaltu, formou vylučování prvků smaltu do biologického prostředí.

12 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá studiem tenkých povlaků pro kontakt s biologickým prostředím. Tato práce se skládá ze z teoretické a praktické části. V teoretické části jsou popsány základní pojmy a vlastnosti sklovitých smaltových povlaků a biologické prostředí pro kontakt s povlakem. Praktická část se skládá z vytvoření sklovitého smaltového povlaku, zkoušek provedených před aplikací do biologického prostředí a zkoušek provedených po aplikaci z biologického prostředí.

Vytvoření smaltového povlaku: povrchová předúprava 8 ocelových vzorků, nanesení smaltéřské břechky základního smaltu, vysušení smaltového nánosu při teplotě 100°C, vypalování základního smaltu při teplotě 820 °C, chladnutí na vzduchu, na polovinu vzorku je následně nanášen krycí smaltový povlak stejným způsobem jako základní smalt, sušení při teplotě 100°C a vypalování při teplotě 800°C. Povlak byl nanášen jen jednostranně.

Po odmaštění ocelových vzorků a následném osušení proběhlo měření drsnosti podkladového plechu. Měřené parametry drsnosti byly Ra, Rz, Rq, Rp, Rv, Rsk, Rku. Drsnost je charakterizována střední aritmetickou úchylkou profilu Ra, jejíž průměrná hodnota byla 11,455 µm.

Následující zkoušky na zkušebních vzorcích byly vždy provedeny, před aplikací do biologického prostředí, pak byly vzorky vloženy na 10 dní do biologického prostředí, následně po aplikaci z biologického prostředí byly zkoušky provedeny znovu. Biologickým prostředím byl benzín natural 95, motorová nafta, roztok vody a NaCl v poměru 1:1 a koňský hnůj.

Tloušťka základního smaltového povlaku a dvouvrstvého (základního a krycího) sklovitého smaltového povlaku splňuje podmínku, že se opravdu jedná tenké povlaky.

Nanášení smaltové břechky formou ručního stříkání je velice náročné na odhadnutí správné tloušťky smaltového povlaku a správné nastavení stříkací pistole. Při měření byla zjištěna nerovnoměrnost nánosu tloušťky základního i základního a krycího smaltového povrchu, velkým rozptylem naměřených hodnot. Proto při porovnání průměrných hodnot tloušťky povlaku před působením biologického prostředí a po působení biologického prostředí, nelze jednoznačně určit u některých vzorků vliv prostředí na tloušťku povlaku.

Biologické prostředí má vliv na mikrotvrdotost sklovitého smaltového povlaku. Mikrotvrdotost základního smaltového povlaku po aplikaci z nafty se zmenší, v ostatních případech po aplikaci z biologického prostředí dochází ke zvýšení mikrotvrdotosti základního smaltového povlaku. Mikrotvrdotost základního a krycího smaltového povlaku

po aplikaci z benzínu se zvětší, v ostatních případech po aplikaci z biologického prostředí dochází ke snížení mikrotvrdosti základního a krycího smaltového povlaku.

Porovnáním naměřených hodnot pH lze určit, že biologické prostředí má vliv na sklovitý smaltový povlak. Po aplikaci vzorků z biologického prostředí lze určit, že nejvyšší pH má benzín a nejnižší pH koňský hnůj. U nafty a benzínu došlo ke zvýšení alkality a u NaCl ke zvýšení kyselosti.

Porovnáním snímků povrchu vzorků před aplikací a po aplikaci z biologického prostředí bylo zjištěno, že dochází ke změně makrostruktury povrchu sklovitého smaltového povlaku jak u základního smaltu tak i u dvouvrstvého základního a krycího smaltu, formou vylučování prvků smaltu do biologického prostředí. O jaký prvek se jedná, by se dalo zjistit chemickou analýzou biologického prostředí, což už není náplní této bakalářské práce.

13 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006 ,s. 100-108, ISBN 80-248-1217-7.
2. PODJUKLOVÁ, J. ; HRABOVSKÁ, K.; BARČOVÁ, K.; ŠTĚPÁNEK, I.: *Nové obzory v poznání vlastností sklokeramických smaltových povlaků*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2010, ISBN 978-80-248-2339-3.
3. BOUŠE, V.; KRAJINA, A.; MORAVČÍK, A.: *Smalty a jejich použití v protikorozi ochraně*. Praha: SNTL, 1986.
4. *WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie: Benzín* [online]. 2013-5-5. [cit. 2013-5-5]. Dostupná z www: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Benz%C3%ADn>.
5. *WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie: Motorová nafta* [online]. 2013-3-9. [cit. 2013-5-5]. Dostupná z www: http://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%A1_nafta.
6. *WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie: Chlorid sodný* [online]. 2013-4-4. [cit. 2013-5-5]. Dostupná z www: http://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorid_sodn%C3%BD.
7. *Agronavigátor ÚZEI. Dotazy infopultu. Základní parametry koňského hnoje*. [online]. cit. 2013-5-5]. Dostupná z www: http://agronavigator.cz/inf_pult.asp?ids=0&ch=0&zobraz=1&id_dotazu=1697.
8. VELIČKOVÁ, E.; *Rozměrová a tvarová přesnost, přesnost polohy, drsnost povrchu*. [online]. [cit. 2013-5-5]. Dostupná z www: http://www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites_root/fbi/040/es/sys/resource/PDF/presnost.pdf.
9. ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut 1999.

10. ČSN ISO 4516. *Zkoušky mikrotvrdosti podle Vickerse a podle Knoopu*. Praha: Český normalizační institut, 1994.